



Eur päisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

JC978 U.S. PTO
09/960530



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00810876.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 08/06/01
LA HAYE, LE



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 d r Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 00810876.3

Anmeldetag:
Date of filing:
Date de dépôt: 25/09/00

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Sulzer Hexis AG
8400 Winterthur
SWITZERLAND

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

H01M8/06, H01M8/04, G01N33/00, G01R31/36

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/UK
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

P.7057 Eh/ph

Sulzer Hexis AG, CH-8400 Winterthur, Schweiz

5

Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie, insbesondere einer Batterie von Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Sie bezieht sich auch auf eine Anlage mit einer Brennstoffzellenbatterie.

Hochtemperatur-Brennstoffzellen, beispielsweise des SOFC-Typs ("Solid Oxid Fuel Cell"), ermöglichen eine Nutzung der mit den Brennstoffzellen umgewandelten Energie beim Betrieb einer Gebäude-Infrastruktur (Energieversorgung, Heizung und/oder Klimatisierung). Es wird dabei die Energie in zwei Formen genutzt, nämlich als elektrische Energie, die aufgrund elektrochemischer Prozesse erzeugt wird, und als thermische Energie der heissen Abgasen, die bei den Prozessen entstehen. Der Betrieb einer Gebäude-Infrastruktur ist relativ komplex und macht daher ein Energiemanagement erforderlich. Teil eines solchen Energiemanagements ist eine Steuerung des Systems, das durch die Batterie sowie für deren Betrieb benötigte Hilfseinrichtungen gebildet ist. Diese Systemsteuerung, die ein Management der Brennstoffzellenbatterie darstellt, wird nachfolgend kurz mit "Stackmanagement" bezeichnet. Durch das Stackmanagement wird der Betriebspunkt festgelegt, bei dem die Batterie betrieben werden soll. Der geeignete Betriebspunkt, der durch eine maximal zulässige Stromstärke bzw. eine Minimalspannung charakterisierbar ist, hängt von verschiedenen Größen ab: vom Massenstrom des Brennstoffs, vom Massenstrom der Luft,

- 21.09.00 -

- 2 -

von der Temperatur der elektrochemischen Prozesse und vom qualitativen Zustand der Brennstoffzellen, dem sogenannten "Integritätszustand".

Die Brennstoffzellenbatterie ist durch eine elektromotorische Kraft (oder "open circuit voltage" OCV) und einen inneren Widerstand R_i charakterisierbar. R_i hängt von der Qualität der Batterie, d.h. deren Integritätszustand ab. Eine neue, funktionstüchtige Batterie weist einen guten Integritätszustand auf. Durch den Betrieb der Batterie ergeben sich Degradationen der elektrochemisch aktiven Komponenten, was eine Verschlechterung des Integritätszustands zur Folge hat. Der Integritätszustand hängt ausser von der Degradationen auch von weiteren Mängeln der Batterie ab. Solche Mängel sind: Risse in Elektrolytplatten, mangelhafte elektrische Kontakte, Beschichtungsfehler, Werkstofffehler und/oder Undichtigkeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum sicheren Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie zu schaffen. Das Verfahren soll die Einstellung einer korrekten Belastung der Batterie ermöglichen, wobei mit dem Verfahren zu berücksichtigen ist, dass der Integritätszustand der Batterie sich im Lauf der Zeit verschlechtert. Mit dem Verfahren muss ein vom Integritätszustand abhängiger Betriebspunkt bestimmt werden, bei dem ein zulässiger Maximalstrom nicht überschritten bzw. eine Minimalspannung nicht unterschritten wird. Diese Aufgabe wird durch das im Anspruch 1 definierte Verfahren gelöst.

Das Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie umfasst eine Analyse eines Integritätszustands der Batterie. Dieser Integritätszustand wird mittels Messen von Betriebsparametern und einer programmierten Auswertung der Messdaten bestimmt. Die Batterie wird zwecks sicherer Arbeitsweise so gesteuert, dass die maximale elektrische Ausgangsleistung einer vom Integritätszustand abhängigen Beschränkung unterworfen ist oder dass ein Unterbruch des Betrieb eingeleitet wird. Der Integritätszustand ist durch mindestens zwei Parameter, insbesondere ein Parameterpaar c_i , d_i charakterisierbar. Aus einer die Parameter enthaltenden Beziehung ist einerseits ein innerer elektrischer Widerstand R_i der Batterie berechenbar; andererseits ist eine Aussage über die Qualität der Batterie ableitbar.

- 3 -

Gegenstand des abhängigen Anspruchs 2 ist ein Verfahren, das die Überwachung inner Nachverbrennung zwecks einer sicheren Arbeitsweise betrifft. Die abhängigen Ansprüche 3 bis 9 betreffen vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens. Anspruch 10 bezieht sich auf eine Anlage mit einer Brennstoffzellenbatterie.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und Beziehungen, die in den Figuren zusammengestellt sind, erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Batterie mit stapelartig angeordneten Brennstoffzellen,
- 10 Fig. 2 ein Blockdiagramm zu einer Anlage mit einer Batterie gemäss Fig. 1,
- Fig. 3 Beziehungen zwischen dem inneren Widerstand der Batterie und der Brennstoffmenge, die in die Batterie eingespeist wird,
- Fig. 4 Messkurven zu den Beziehungen der Fig. 3,
- 15 Fig. 5 eine Tabelle mit Werten eines Parameterpaars, das den Kurven der Fig. 4 zugeordnet ist,
- Fig. 6 Beziehungen zum Bestimmen des genannten Parameterpaars und
- Fig. 7 Beziehungen zur einer Bestimmung des Integritätszustands.

20 Die Brennstoffzellen-Batterie 1 der Fig. 1 umfasst einen Zellenstapel 2 (sogenannter "Stack"), mit n Zellen $z = 1, 2, \dots n$. Der Stapel 2 ist in einer Hülle 3 eingeschlossen, die eine Wärmedämmung bildet. Unterhalb des Stapels 2 ist ein Prereformer 4 angeordnet, in dem ein als Brennstoff dienendes Gas 52 in eine für die elektrochemischen Prozesse geeignete Form umgewandelt wird. Sauerstoff, der in eingespeister Luft 51 enthalten ist,

25 bildet ein weiteres Edukt der Prozesse. Im strichpunktiert dargestellten Rechteck ist ein elektrisches Ersatzbild 20 für den Stapel 2 angegeben, das eine elektromotorische Kraft 21 ($= OCV = V_0$), einen inneren Widerstand 22 ($= R_i$) und elektrische Pole 23a, 23b umfasst. Ein durch die Batterie erzeugter

- 4 -

- elektrischer Gleichstrom I und eine zwischen den Polen 23a, 23b liegende Spannung U hängen von einer angelegten Last ab. Eine Erhöhung der Last führt zu einer Vergrößerung von U und gleichzeitig zu einer Verkleinerung von I ; das entsprechend Umgekehrte gilt für eine Erniedrigung der Last. Der
- 5 Wert R_i des inneren Widerstands 22 lässt sich als Differenzenquotient gemäss der Beziehung (I) in Fig. 1 aus einer Spannungsdifferenz und einer Stromstärkendifferenz berechnen, wobei diese Differenzen mittels Messungen von U bzw. I vor und nach einem kleinen Lastwechsel bestimmt werden können.
- 10 Die Hülle 3 umfasst einen Raum 30, in dem die Reaktionsgase 51 und 52 nach Durchtritt durch die Brennstoffzellen nachverbrannt werden. Mindestens ein Sensor 31 ist in diesem Nachverbrennungsraum 30 angeordnet, mit dem sich das Vorhandensein einer Flamme überwachen lässt. Der Sensor 31 ist über eine Leitung 32 an eine Steuerungseinrichtung 8 (Fig. 2) angeschlossen.
- 15 Die in Fig. 2 angegebene Anlage umfasst neben der Batterie 1 einen pneumatischen Regler 5 (ein sogenannter Gas-Multiblock) für die Luft 51 und das Gas 52. Die in der Batterie 1 erzeugten Energien werden Elektrizitäts-Verbrauchern 6 (U_E) und Wärme-Verbrauchern 7 (U_Q) zugeführt. Die Steuerungseinrichtung 8 wird zur Durchführung des erfindungsgemässen
- 20 Verfahrens verwendet. Sie steht mit dem Regler 5, der Batterie 1 und einer Adaptionseinrichtung 10 in Verbindung. In der Adaptionseinrichtung 10 wird die von der Batterie 1 erzeugte elektrische Energie in eine für den Verbraucher 6 nutzbare Form umgewandelt. Diese Einrichtung 10 kann folgendes umfassen: einen Inverter, in dem Gleich- in Wechselstrom
- 25 umgewandelt wird, Anschlüsse an eine elektrische Batterie und Messgeräte (nicht dargestellt). Eine Messung von R_i ist unter Verwendung der Einrichtungen 8 und 10 durchführbar.
- Die in den Figuren 3 und 4 angegebenen Variablen x und y haben folgende Bedeutung: x ist die Brennstoffenthalpie Q_F/n , die pro Zelle eingespeist wird
- 30 (Q_F = Brennwert mal Brennstoffmenge), siehe Beziehung (III'); y ist der pro Zelle bestehende innere Widerstand R_i/n , der mit einer aktiven Elektrodenfläche A_E der Zelle multipliziert ist. Der innere Widerstand R_i ist wegen Serieschaltung der Zellen proportional zur Anzahl n der Zellen und

- 5 -

wegen Parallelschaltung der aktiven Flächenelemente der Zelle umgekehrt proportional zu A_E : vgl. Beziehung (III"). Der Proportionalitätsfaktor y ist von n und A_E unabhängig. Es wird für y auch die Bezeichnung ASR ("area specific resistance") verwendet.

- 5 Das x-y-Diagramm der Fig. 4 zeigt eine Schar von Messkurven für ein Kollektiv von Brennstoffzellenbatterien, das ein breites Spektrum an verschiedenen Integritätszuständen aufweist, wobei den in das Diagramm aufgenommenen Kurven Integritätszustände $j = 1, 3, 5, 7$ und 9 zugeordnet sind. Die Kurven lassen sich durch eine Beziehung (II) gemäss Fig. 4
- 10 formelmässig ausdrücken. In diese Beziehung geht ein Parameterpaar c_j, d_j ein, durch das der Integritätszustand j charakterisierbar ist. Die Werte von c_j sind positiv, jene von d_j negativ. In der Tabelle der Fig. 5 sind Werte für die Parameterpaare c_j, d_j für neun Integritätszustände $j = 1, \dots, 9$ zusammengestellt. Je grösser der Index j ist, desto besser ist die Qualität der
- 15 Batterie 1.

- Beim Betrieb der Batterie 1 werden periodisch Diagnosemessungen durchgeführt. Mit den in Fig. 6 zusammengestellten Beziehungen (IV) bis (VIII) lassen sich aktuelle Werte eines Parameterpaars c, d - siehe Beziehung (IV) - bestimmen. Diesem Paar c, d , das mit der Diagnosemessung bestimmt
- 20 worden ist, kann ein Parameterpaar c_j, d_j der Tabelle in Fig. 5 zugeordnet werden. Eine Definition dieser Zuordnung ist in den Beziehungen (IX) und (X') zusammengefasst.

- Die für das Stackmanagement vorzunehmenden Messungen und Berechnungen werden anschliessend in Abschnitten a) bis c) nochmals etwas
- 25 ausführlicher besprochen:

- a) Durch Messungen von R_i für Batterien mit verschiedenen Integritätszuständen und bei Verwendung von Q_F als Variablen gelangt man zu einer Relation zwischen x und y , die näherungsweise durch die Beziehung (II), Fig. 4, darstellbar ist und in die zwei Parameter $c = c_j$ und $d = d_j$ eingehen.
- 30 Die Ermittlung von $y(x)$ wird im folgenden Abschnitt b) beschrieben. Bei Vorgabe eines Wertes von x lässt sich zu dem Parameterpaar c_j, d_j einerseits ein innerer Widerstand R_i berechnen; andererseits ist mit dem Parameterpaar

c_j , d_j ein Integritätszustand j der Batterie charakterisiert. Den verschiedenen Integritätszuständen j entspricht eine Kurvenschar, die teilweise in Fig. 3 abgebildet ist. Werte für das Parameterpaar c_j , d_j sind in der Tabelle der Fig. 5 zusammengestellt.

- 5 b) Zur Ermittlung von $y(x)$ durch Messungen an dem Kollektiv von Batterien, deren Integritätszustände j verschieden sind, geht man folgendermassen vor:
- b1) Es wird ein x eingestellt, wobei $10 \text{ W} < x < 70 \text{ W}$; $U = V1$ wird ebenfalls eingestellt. Es wird I gemessen und der Wert $I = I1$ erhalten;
- b2) x wird unverändert gelassen; $U = V2$ wird eingestellt. Es wird I gemessen:
- 10 $I = I2$
- b3) Es wird die Zuordnung $x \rightarrow y(x)$ durch Berechnen folgender Beziehung bestimmt:

$$y(x) = - (v1-v2)/(i1-i2),$$

mit $v1 = V1/n$, $v2 = V2/n$, $i1 = I1/A_E$ und $i2 = I2/A_E$.

- 15 Die Kurvenschar der Fig. 3 wurde gemäss den Punkten b1) bis b3) bestimmt; dabei betrug die Anzahl n der Zellen 50; für die Spannung U wurden die Wert $V1 = 37.5 \text{ V}$ und $V2 = 35 \text{ V}$ eingestellt.

- c) Die Ermittlung des Parameterpaars c , d erfolgt durch Messungen an einer Batterie und Festlegung eines "konservativen" Parameterpaars c_j , d_j mittels
- 20 folgendem Vorgehen (vgl. Beziehungen (V) bis (VIII) und Beziehungen (IX) bis (X'') in den Figuren 6 bzw. 7):

- c1) Es werden die oben angeführten Punkte b1) bis b3) ausgeführt und zwar für $x = x_1$ (32.5W). Man erhält $y(x_1) = y_1$: siehe Beziehung (V).

- c2) Es werden die Punkte b1) bis b3) für $x = x_2$ (45 W) ausgeführt. Das
- 25 Ergebnis ist $y(x_2) = y_2$: siehe Beziehung (VI).

- c3) Es werden d und c nach den Beziehungen (VII) und (VIII) berechnet.
- c4) Für die erhaltenen Werte c und d , ausserdem mit $x = x_0$ (30 W) und der Beziehung (IX), lässt sich nun $y = y_0$ berechnen. x_0 ist ein mittlerer Wert für die Brennstoffmenge, die pro Sekunde einer Zelle zugeführt wird.

- 30 c5) Es werden die Parameter c_j , d_j für $x = x_0$ (30 W) mittels den Beziehungen (IX), (X'), (X'') festgelegt. Dabei wird ein Wertepaar c' , d' in der Tabelle der Fig. 5 gesucht, für das ein mit der Beziehung (X') berechnetes y' die kleinste positive Differenz zu y_0 bildet.

- Falls die Beziehung (X'') nicht erfüllbar ist, d.h. wenn es kein Wertepaar c_j, d_j gibt, für welches das Minimum der Beziehung (X'') grösser als Null ist, dann ist der Integritätszustand der Batterie ungenügend. Durch die Beziehung (X'') ist also gleichzeitig ein Test der Batterie gegeben, aufgrund dem entschieden werden kann, ob der Betrieb fortgesetzt werden soll. Das Stackmanagement soll daher die Meldung "Stackwechsel" anzeigen.

Der Integritätszustand der Batterie ist durch das Parameterpaar c, d gemäss Punkt c3) charakterisierbar. Jedem Zustand entspricht eine für den Betrieb optimale Spannung U bzw. Stromstärke I . Dabei gilt

- 10 $I = (V_0 - U)/R_i$ mit $V_0 = n \cdot 0.87 \text{ V (OCV)}$,
falls der Luftüberschuss ausreichend ist (Luftzahl $\lambda > 1.5$).

- Die Spannung eines optimalen Betriebs ist grösser als die Spannung $0.5 V_0$, bei der eine maximale Leistungsabgabe möglich wäre. Denn bei der maximalen Leistungsabgabe, die mit einer maximalen Stromstärke verbunden ist, ergibt sich wegen intensiven Elektrodenreaktionen eine hohe Degradation der Zelle. Für Betriebszustände der Batterien, die bei den oben genannten Messungen verwendet worden sind und die hinsichtlich der Zelldegradation und der Leistungsentnahme als optimal angesehen werden können, sind folgende Spannungen U zuzulassen:

- 20 für $x = 52 \text{ W}$ (d.h. hohe Leistung): $U/n = 0.55 \text{ V}$
für $x = 13 \text{ W}$ (d.h. tiefe Leistung): $U/n = 0.6 \text{ V}$
für $13 \text{ W} < x < 52 \text{ W}$: linear interpolierter Wert für U/n .

- Es soll periodisch der Integritätszustand der Batterie bestimmt werden, wobei ein Integritätszustand j mit im Steuerungsprogramm abgespeicherten Werten des Parameterpaars c_j, d_j (Fig.5) ausgewählt wird. Bezüglich diesem Integritätszustand j wird die Steuerung neu festgelegt: siehe Abschnitt c). Es erfolgt eventuell die Meldung "Stackwechsel"; trotzdem soll der Betrieb noch während einer vorgebbaren Dauer fortgesetzt werden (mit $j = 1$).

- Die quantitativen Angaben, beispielsweise die Werte für das Parameterpaar c_j, d_j , die bei der Beschreibung des erfindungsgemässen Verfahrens angegeben worden sind, hängen von den Brennstoffzellen haben. Bei einer anderen Wahl von Brennstoffzellen ergeben sich andere quantitative

- 8 -

Verhältnisse. Es sind daher die offenbarten Zahlen lediglich als Beispiel zu verstehen.

Es gibt auch andere Vorgehensweisen, wie der Integritätszustand festgestellt und die Systemsteuerung des Stackmanagements eingestellt werden kann.

- 5 Bei einer solchen alternativen Vorgehensweisen tritt der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle oder Batterie ($= R_i I^2 / Q_F$) an die Stelle von y . Für diesen Wirkungsgrad lässt sich eine zur Beziehung (II) entsprechende Beziehung bestimmen, der ein anderes Parameterpaar zugeordnet ist. Beim Wirkungsgrad besteht das Kriterium, dass dieser einen vom
- 10 Integritätszustand abhängigen Wert (= "zulässiger Wirkungsgrad") nicht überschreiten darf. Die Systemsteuerung muss so gestaltet sein, dass dieses Kriterium entweder erfüllt wird oder der Betrieb unterbrochen wird.

- Für ein sicheres Funktionieren der Brennstoffzellenbatterie ist auch eine Überwachung einer Nachverbrennung wichtig. Die Batterie 1 umfasst den
- 15 Raum 30, in dem die Reaktionsgase 51, 52 nach Durchtritt durch die Brennstoffzellen nachverbrannt werden. Ein in diesem Raum 30 angeordneter Sensor 31 wird verwendet, um das Vorhandensein einer Flamme zu überwachen. Ein Messsignal entsteht bei einer Anwesenheit der Flamme. Aufgrund von physikalischen Eigenschaften der Flamme, insbesondere einer
- 20 Erzeugung von Wärme bei der Flammtemperatur oder einer Emission von Photonen, wird im Sensor das Messsignal hervorgerufen.

- Die Überwachung der Temperatur im Nachverbrennungsraum 30 kann mit einem Thermogenerator 31 durchgeführt werden. Der Thermogenerator 31 ist ein Thermoelement, dessen erzeugtes Signal über eine Verbindung 32 der
- 25 Steuerungseinrichtung 8 übermittelt und dort elektronisch ausgewertet wird. Oder der Thermogenerator 31 ist eine Serieschaltung mit einer Vielzahl von Thermoelementen, die eine ausreichend grosse elektrische Leistung erzeugen, um beispielsweise ein Ventil oder ein Relais betätigen zu können. Das Ausbleiben dieser elektrischen Leistung kann zu einer Einleitung eines
- 30 Betriebsabbruchs und/oder zu einer eigensicheren Überwachung des Sensors genutzt werden.

- 9 -

- B i der Verbrennung von Wasserstoff werden UV-Photonen emittiert. Die
Üb rwachung der Nachverbrennung kann daher auch mittels einer UV-Sonde
31 durchgeführt werden. Es bestehen weitere Möglichkeiten, um die
Verbrennungsüberwachung durchzuführen: Mit einem CO-Sensor im
- 5 Abgasstrom, der je nach gemessener CO-Konzentration auf das Vorliegen
einer Verbrennung schliessen lässt. Oder ein Sensor im
Nachverbrennungsraum 30, mit welchem sich wie bei Standardverfahren für
Brenner die Ionisation in den Verbrennungsgasen messen lässt.

P.7057 Eh/ph

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie (1), bei dem
5 mittels Messen von Betriebsparametern und programmierter Auswertung der Messdaten ein Integritätszustand der Batterie bestimmt wird und die Batterie zwecks sicherer Arbeitsweise so gesteuert wird, dass die maximale elektrische Ausgangsleistung einer vom Integritätszustand abhängigen Beschränkung unterworfen wird
10 oder ein Unterbruch des Betrieb eingeleitet wird, wobei der Integritätszustand durch mindestens zwei Parameter, insbesondere ein Parameterpaar c_j , d_j charakterisierbar ist, so dass aus einer die Parameter enthaltenden Beziehung einerseits ein innerer elektrischer Widerstand (R_i) der Batterie berechenbar ist und andererseits eine
15 Aussage über die Qualität der Batterie ableitbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie einen Raum (30) umfasst, in dem Reaktionsgase (51, 52) nach Durchtritt durch die Brennstoffzellen nachverbrannt werden, und dass
20 mindestens ein Sensor (31) in diesem Raum verwendet wird, um das Vorhandensein einer Flamme zu überwachen, wobei aufgrund von physikalischen Eigenschaften der Flamme, insbesondere einer Erzeugung von Wärme bei der Flammtemperatur oder einer Emission von Photonen, im Sensor ein Messsignal hervorgerufen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine
25 mathematische Beziehung (II) besteht zwischen dem inneren Widerstand (R_i) und einer Menge an Brennstoff (Q_F), die in die Batterie eingespeist wird, und dass die Parameter c_j , d_j als Proportionalitätsfaktor bzw. als Exponent in diese Beziehung eingehen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
30 dass mittels periodisch durchgeführten Diagnosemessungen sowie

- 11 -

- 5 Durchführung von digitalen Berechnungen (IV - X'') aktuelle Werte des Parameterpaars c_i , d_j bestimmt werden und dass aufgrund dieser Werte die Steuerung der Batterie gegebenenfalls angepasst wird oder dass je nach Integritätszustand eine Meldung angezeigt wird, dass ein Austausch der Brennstoffzellen erforderlich sei.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass anhand eines Kollektivs von Batterien (1), das ein breites Spektrum an verschiedenen Integritätszuständen (j) aufweist, eine Tabelle von Werten für das Parameterpaar c_i , d_j bestimmt wird und dass diese Werte anstelle von den durch die Diagnosemessungen bestimmten Werten bei der Steuerung verwendet werden, wobei eine minimale Abweichung der Ergebnisse der Diagnosemessung mittels eines vorgegebenen Kriteriums (IX - X'') angestrebt wird.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass die minimale Abweichung gemäss dem vorgegebenen Kriterium (IX - X'') nicht existiert, durch die Systemsteuerung (8) eine Aufforderung zum Unterbruch des Betriebs gemeldet wird.
- 20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachung der Nachverbrennung mittels eines Thermogenerators (31) durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachung der Nachverbrennung mittels einer UV-Sonde (31) oder einer Ionisationsmessung durchgeführt wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Überwachung der Nachverbrennung mittels einem im Abgasstrom angeordneten CO-Sensor durchgeführt wird.
- 30 10. Anlage mit einer Brennstoffzellenbatterie (1), in der das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9 angewendet wird, gekennzeichnet durch eine Steuerungseinrichtung (8) und eine Adaptionseinrichtung (10) zum Durchführen des Verfahrens.

P.7057 Eh/ph

Zusammenfassung

- 5 Das Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenbatterie (1) umfasst eine Analyse eines Integritätszustands der Batterie. Dieser Integritätszustand wird mittels Messen von Betriebsparametern und einer programmierten Auswertung der Messdaten bestimmt. Die Batterie wird zwecks sicherer Arbeitsweise so gesteuert, dass die maximale elektrische Ausgangsleistung
- 10 einer vom Integritätszustand abhängigen Beschränkung unterworfen ist oder ein Unterbruch des Betrieb eingeleitet wird. Der Integritätszustand ist durch mindestens zwei Parameter, insbesondere ein Parameterpaar c_j , d_j charakterisierbar. Aus einer die Parameter enthaltenden Beziehung ist einerseits ein innerer elektrischer Widerstand (R_i) der Batterie berechenbar;
- 15 andererseits ist eine Aussage über die Qualität der Batterie ableitbar.

(Fig. 2)

$$R_i = - \Delta U / \Delta I \quad (1)$$

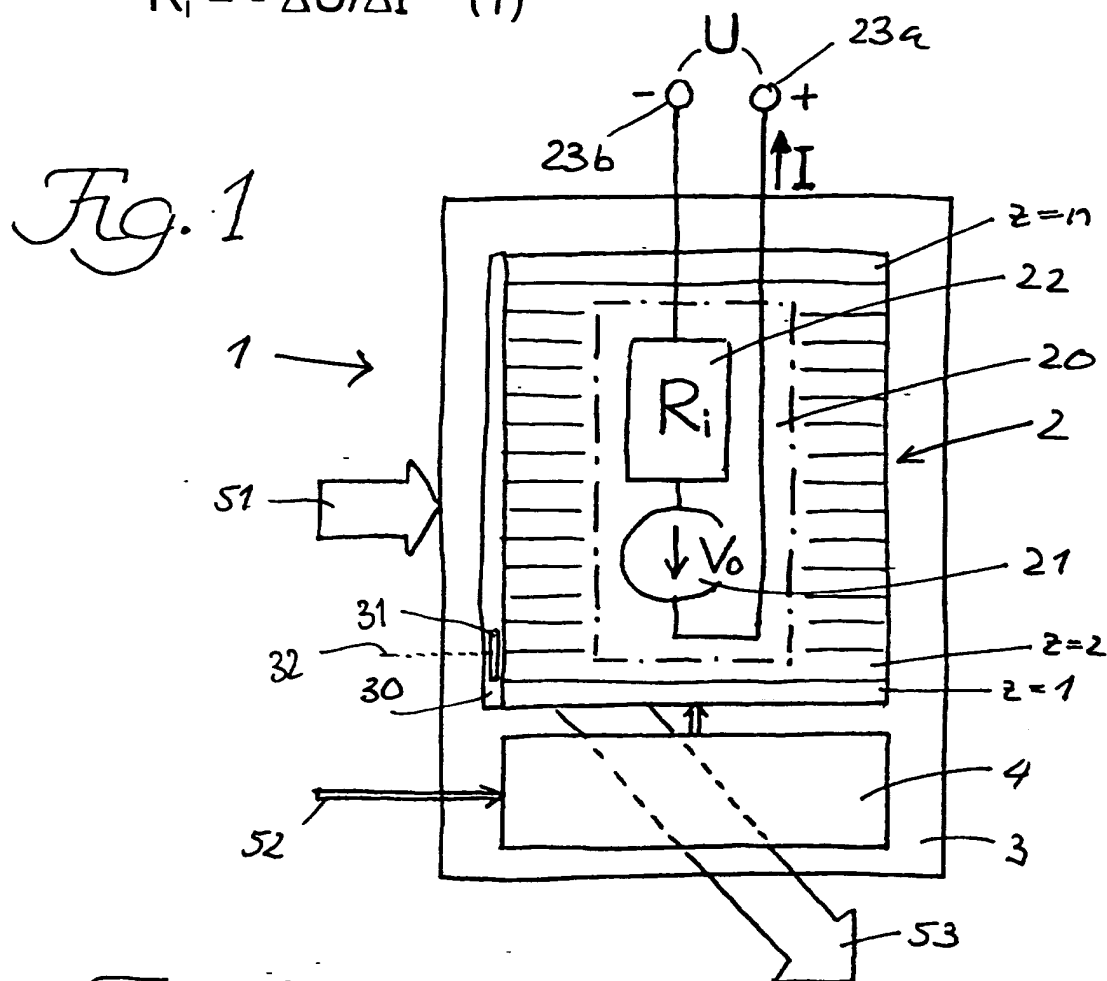
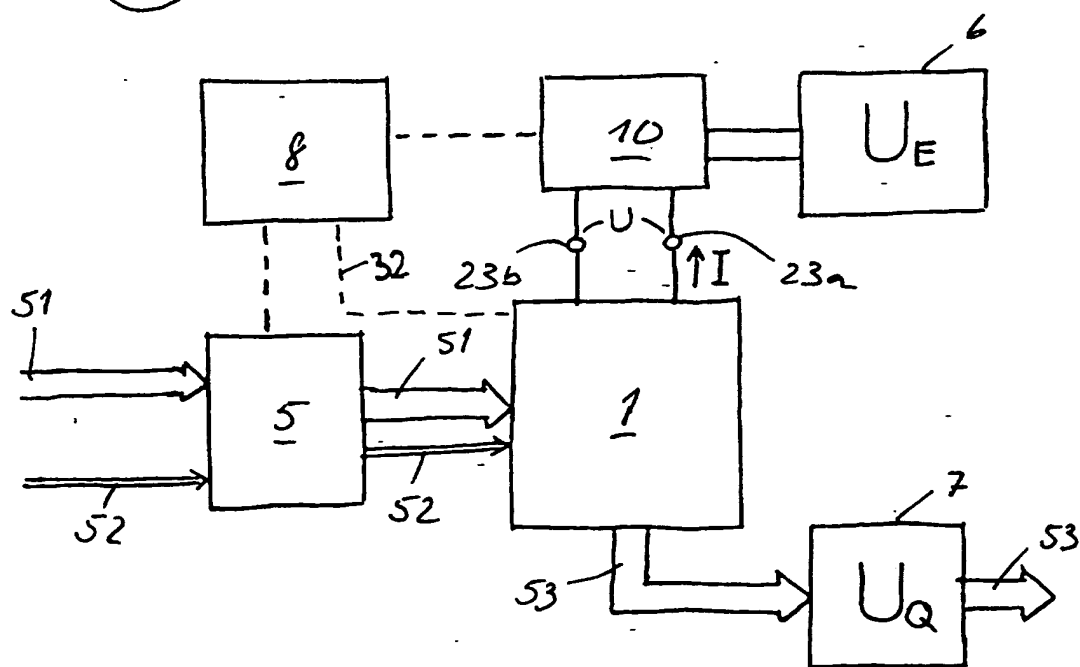


Fig. 2



$$y = c_j x^{d_j} \quad (II) \quad x = Q_F / n \quad (III')$$

$$y = A_E R_i / n \quad (III'')$$

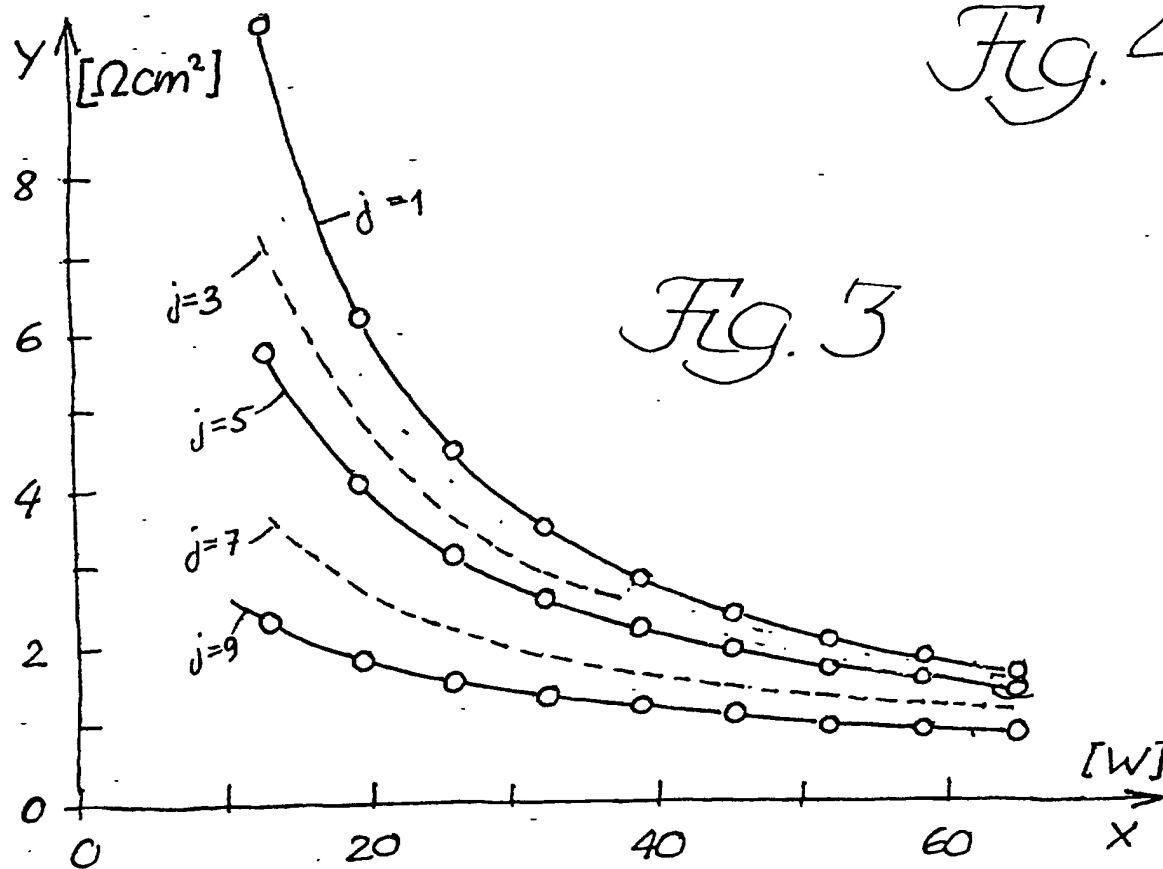


Fig. 4

	$c_j =$	$- d_j =$
$j = 1$	184.1	1.140
2	117.0	1.040
3	93.0	0.995
4	78.0	0.965
5	56.1	0.887
6	38.0	0.820
7	26.0	0.765
8	18.0	0.715
9	11.2	0.615

Fig. 5

$$y = c \cdot x^d \quad (IV)$$

$$\ln y = \ln c + d \cdot \ln x \quad (IV')$$

$$x = x_1 \rightarrow y = y_1 \quad (V)$$

$$x = x_2 \rightarrow y = y_2 \quad (VI)$$

$$d = (\ln y_2 - \ln y_1) \cdot (\ln x_2 - \ln x_1)^{-1} \quad (VII)$$

Fig. 6

$$c = y_1 \cdot x_1^{-d} \quad (VIII)$$

$$x = x_0 \rightarrow y_0 = c \cdot x_0^d \quad (IX)$$

$$c' = c_j / d' = d_j ; y' = c' \cdot x_0^{d'} \quad (X')$$

Fig. 7

$$(y' - y_0) = \min, \quad > 0 \quad (X'')$$

